



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY**

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH POSTUPU POSOUZENÍ SHODY A KONTROLY  
VÁLCOVÉ PŘIRUBY**

PROPOSAL OF CONFORMITY ASSESSMENT AND INSPECTION PROCEDURE OF A CYLLINDER FLANGE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jan Ondruška

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Matej Harčarík

**BRNO 2018**



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Jan Ondruška**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Matej Harčarik**  
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Návrh postupu posouzení shody a kontroly válcové příruby

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci práce student navrhne postup posuzování shody válcové příruby se specifikací, jako i postup běžné kontroly této součásti.

#### Cíle bakalářské práce:

Analýza specifikace součásti  
Návrh postupu posouzení shody  
Návrh postupu kontroly  
Doporučení pro praxi

#### Seznam doporučené literatury:

HOCKEN, Robert J., ed. Coordinate measuring machines and systems. 2nd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2012. ISBN 978-142-0017-533.

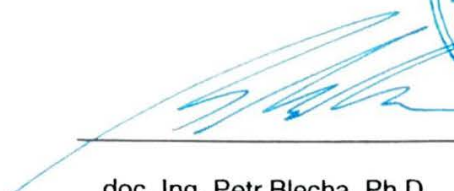

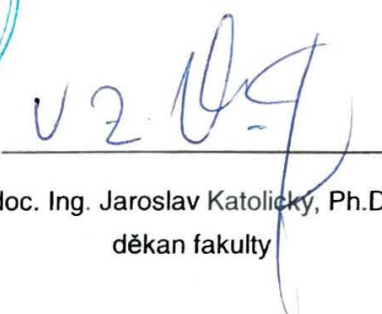
MEADOWS, James D. Measurement of geometric tolerances in manufacturing. New York: Marcel Dekker, c1998. ISBN 978-082-4701-635.

PLACKO, Dominique, ed. Metrology in industry: the key for quality. Newport Beach, CA: ISTE, 2006. ISBN 978-1-905209-51-4.

WHITEHOUSE, David J. Handbook of surface and nanometrology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2010. ISBN 978-1-4200-8201-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 16. 10. 2017

		
_____ doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D. ředitel ústavu		_____ doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Obsahem bakalářské práce je postup tvorby kontrolního plánu pro posouzení shody součásti válcová příruba se specifikací. Součástí práce je výběr z norem vztahujících se k rozebírané problematice a k výkresové dokumentaci součásti. Válcová příruba je zde rozebrána z hlediska funkce a jednoznačnosti kótování na výkrese součásti s ohledem na následnou kontrolu součásti. Případné nedostatky v jednoznačnosti jsou blíže rozebrány a jsou navržena řešení těchto problémů. K práci jsou přiloženy kontrolní plány pro kontrolu součásti přímo ve výrobním procesu a pro kontrolu součásti při vzorkování, které byly vytvořeny s pomocí CAQ softwaru. Výsledky práce byly použity při zlepšování procesu výroby uvedené součásti.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis contains the control plan creation procedure for conformity assessment of a cylinder flange. The thesis includes a selection from standards related to the above-mentioned problems and the drawing documentation of the part. The cylinder flange is analysed in terms of function and unambiguous specification of geometry on the drawing of the part with regard to further part inspection. Any deficiencies in clarity are dealt with in more detail and solutions to these problems are proposed. Control plans for inspection of the part directly in the manufacturing process and for inspection of the part during sampling were created using CAQ software and are attached to the work. The results of the work have been used to improve the process of manufacturing of the part.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

kontrolní plán, válcová příruba, posuzování shody, geometrická specifikace výrobku, funkční kontrola

## **KEYWORDS**

control plan, cylinder flange, conformity assessment, geometrical product specification, functional inspection



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ONDRUŠKA, J. *Návrh postupu posouzení shody a kontroly válcové příruby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Matej Harčarík.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu Ing. Mateji Harčaríkovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při tvorbě této práce a společnosti ZLKL, s. r. o., především pak Ing. Karlu Zemanovi za jejich čas a ochotu se mnou spolupracovat.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Mateje Harčaríka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne:

.....

Ondruška Jan



## OBSAH

<b>ÚVOD</b>	15
<b>1 ÚVOD DO TOLEROVÁNÍ</b>	17
1.1 Princip nezávislosti	17
1.2 Požadavek obalové plochy	17
1.3 Hrany neurčitých tvarů	17
1.4 Lineární rozměry	18
1.4.1 Soustava tolerancí a uložení	18
1.4.2 Všeobecné tolerance pro délkové a úhlové rozměry	19
1.5 Rozměry jiné než lineární rozměry	20
1.6 Tolerance odchylek tvaru a polohy	20
1.6.1 Základny	21
1.6.2 Teoreticky přesné rozměry	21
1.6.3 Požadavek maxima materiálu	22
1.6.4 Rovinnost	23
1.6.5 Válcovitost	23
1.6.6 Poloha	24
1.6.7 Kolmost	24
1.6.8 Kruhové házení	25
1.6.9 Všeobecné geometrické tolerance	26
1.7 Textura povrchu	26
1.7.1 Značení na výkresech	27
1.7.2 Parametr $R_z$	27
<b>2 PROSTŘEDKY KONTROLY</b>	29
2.1 Zeiss Accura	29
2.2 Zeiss DuraMax HTG	30
2.3 Digitální třmenový mikrometr Micromar 40 EWR	30
2.4 Dvoudotekový dutinoměř	31
2.5 Digitální posuvné měřidlo Mitutoyo ABSOLUTE DIGIMATIC	32
2.6 Drsnoměř Mitutoyo SurfTest SJ-210	33
<b>3 ANALÝZA SPECIFIKACE</b>	35
3.1 Součást válcová příruba	35
3.2 Popisové pole	36
3.3 Kóty délkových rozměrů	37

3.3.1	Pohled X1-B2 . . . . .	37
3.3.2	Pohled X1.1-B2 . . . . .	38
3.4	Požadavky na drsnost povrchu . . . . .	40
3.5	Požadavky na geometrii součástí . . . . .	40
<b>4</b>	<b>TVORBA POSTUPU POSOUZENÍ SHODY A KONTROLY . . . . .</b>	<b>41</b>
4.1	Plán kontroly ve výrobním procesu . . . . .	41
4.2	Plán kontroly pro uvolnění výroby . . . . .	42
<b>5</b>	<b>DOPORUČENÍ PRO PRAXI . . . . .</b>	<b>43</b>
	<b>ZÁVĚR . . . . .</b>	<b>45</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ . . . . .</b>	<b>47</b>
	<b>SEZNAM TABULEK . . . . .</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ . . . . .</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ . . . . .</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH . . . . .</b>	<b>57</b>

## ÚVOD

Z technického, ekonomického, komerčního a někdy i zákonného hlediska je pro každou společnost zabývající se strojírenskou výrobou naprosto nezbytné mít relevantní a spolehlivé výsledky měření jejich výrobků. Na základě získaných poznatků je poté možné provádět rychlá a účinná rozhodnutí za účelem udržení požadované kvality výroby [1]. Konkurenční tlak na jednotlivé výrobce je však v současné době tak silný, že není možné samotnému měření věnovat velké množství času a finančních prostředků. Z tohoto důvodu je velmi důležité, aby posuzování shody probíhalo co možná nejrychleji bez nadbytečných akcí.

Tento problém částečně řeší kontrola funkčnosti vyráběné součásti přímo na pracovišti pomocí mezních kalibrů. Touto metodou kontroly je možné velmi rychle a levně rozhodnout, zda daná součást odpovídá specifikaci (lze použít i pro geometrické charakteristiky). Na druhou stranu však tímto způsobem není možné zjistit přesnou geometrii zkoušeného dílce a regulovat tak výrobní proces [2].

Tato práce se zabývá právě tvorbou návrhu postupu pro posouzení shody válcové příruby se specifikací tak, aby bylo možné včas odhalit neshodný výrobek a provést kroky nutné ke zjištění příčiny neshody a následně zavést nápravná opatření. Zároveň je kladen důraz na časovou nenáročnost jednotlivých měřících úkonů, aby nedocházelo k prodávám ve výrobě, případně zaneprázdnění pracoviště kontroly kvality. Při vypracování návrhu bylo spolupracováno se společností ZLKL, s. r. o. a veškerá dále zmíněná měřidla a měřicí systémy jsou v uvedené společnosti k dispozici, tudíž je možná následná implementace vypracovaného návrhu přímo do procesu kontroly jakosti dané součásti.

V teoretické části práce jsou popsány informace vztahující se k řešené součásti. Vzhledem k obsáhlosti jednotlivých témat jsou zde uvedeny pouze charakteristiky objevující se v technické dokumentaci dílce.

Praktická část se zaměřuje na tvorbu výše zmíněného návrhu pro posouzení shody součásti se specifikací jak pro kompletní kontrolu uvedené součásti, např. při uvolňování výroby, tak i pro mezioperační kontrolu, resp. samokontrolu pracovníkem přímo na výrobním pracovišti.





# 1 ÚVOD DO TOLEROVÁNÍ

Při jakékoliv strojírenské výrobě je nezbytně nutné zajistit rozměrovou a geometrickou přesnost a požadovanou texturu povrchu všech prvků vyráběných součástí. Tím je zároveň dosaženo relativní shody mezi jednotlivými vyráběnými kusy tak, aby bylo možné tyto dílce libovolně zaměňovat a následně i vyměňovat. Právě vyměnitelnost a zaměnitelnost součástí má zajistit správně zvolená tolerance, resp. uložení, a to tak, aby funkčně spolu propojené součásti (sestavy) bylo možné smontovat bez vynaložení většího úsilí a prostředků, než je nezbytně nutné, a především, aby součást plnila funkci, ke které byla navržena [3].

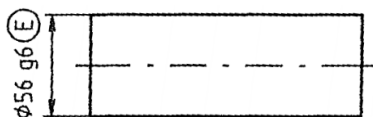
## 1.1 Princip nezávislosti

Princip nezávislosti je základním pravidlem tolerování a udává vztah mezi tolerováním délkových a úhlových rozměrů a geometrickými tolerancemi. Toto pravidlo říká, že měření a následné vyhodnocení správnosti délkových a úhlových rozměrů má být prováděno nezávisle na měření a vyhodnocení správnosti geometrických tolerancí, resp. že všechny specifikace musí být splněny nezávisle na ostatních specifikacích vztahujících se k témuž prvku [3, 4].

Princip nezávislosti platí vždy, když je na výkrese předepsáno tolerování podle ISO 8015 a pokud není uvedeno jinak přímo v předpisu kontroly daného prvku [4].

## 1.2 Požadavek obalové plochy

Předpis pro požadavek obalové plochy (obr. 1) požaduje provádět kontrolu daných prvků pomocí tzv. obalové plochy, která má dokonalý geometrický tvar a její rozměr je roven rozměru kontrolovaného prvku na maximum materiálu, tj. maximální dovolený rozměr u součástí charakteru hřídele a minimální dovolený rozměr u součástí charakteru díry. Zároveň nesmí být průměr prvku charakteru díry měřený dvoudotekovým měřidlem v libovolné rovině prvku větší než je mez minima materiálu, tj. největší dovolený rozměr. Pro prvky charakteru hřídele pak nesmí být hodnota průměru měřená dvoudotekovým měřidlem v libovolné rovině prvku menší než je mez minima materiálu, tj. nejmenší dovolený rozměr prvku. Požadavek obalové plochy se nejčastěji předepisuje na prvky součástí, které spolu po montáži tvoří uložení [3, 5].



Obr. 1) Předpis pro požadavek obalové plochy [3]

## 1.3 Hrany neurčitých tvarů

Požadavek na úpravu hran neurčitých tvarů (obr. 2) se zapisuje v popisovém poli výkresu a udává, jak mají být upraveny hrany součástí, pro které není uveden konkrétní předpis pro jejich úpravu přímo na výkrese součástí. Účelem je odjehlení vnějších hran, případně vybrání hran vnitřních, a to především z důvodu lícování součástí [3, 6].



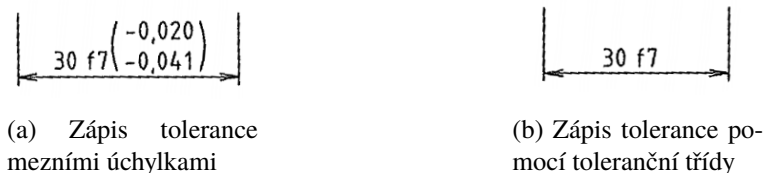
Obr. 2) Předpis pro úpravu hran neurčitých tvarů včetně ilustrace požadavku [6]

## 1.4 Lineární rozměry

Jako lineární rozměr lze chápat průměr válcového prvku, koule nebo kruhu, vzdálenost dvou protilehlých rovin, případně čar nebo rozdíl mezi průměry dvou soustředných kružnic (tloušťka) [5].

Jak již bylo zmíněno, při volbě tolerancí pro lineární rozměry (ale i pro ostatní geometrické specifikace produktů) je třeba vycházet z hlediska požadavků na funkci dané součásti. V případě, že daný prvek neplní zvláštní funkci, resp. pro něj není třeba předepisovat přísnou rozměrovou toleranci, lze použít tzv. všeobecné tolerance pro délkové a úhlové rozměry (viz kapitola 1.4.2) [3].

Tolerance lineárních rozměrů se nejčastěji zapisuje jako horní a dolní mezní úchylka vztažená ke jmenovitému rozměru (obr. 3a) nebo jako toleranční třída (obr. 3b) [3, 5].



Obr. 3) Příklad zápisu tolerance pro lineární rozměry [3]

Lineární rozměry se zpravidla měří s využitím jednoosých měřidel jako jsou posuvná měřidla a třmenové mikrometry, a to ať už analogové nebo digitální. Dále je možné použít souřadnicové měřicí stroje, a to především v případě složitějších a z hlediska funkce náročnějších součástí, kdy se kontroluje více prvků najednou, a to včetně kontroly jiných než lineárních rozměrů.

### 1.4.1 Soustava tolerancí a uložení

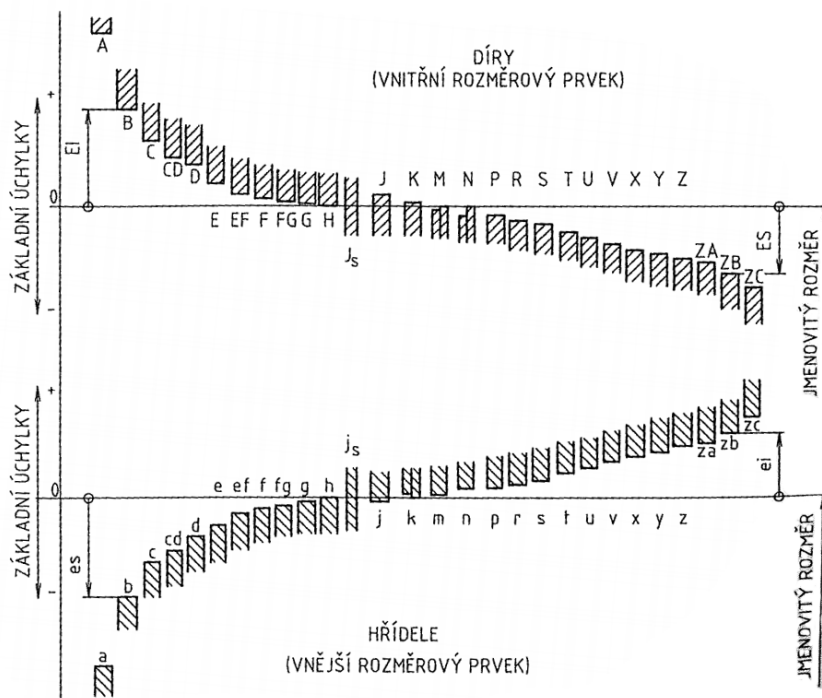
Na základě vzájemného vztahu dvou prvků – díry a hřídele – které mají společný jmenovitý rozměr, lze určit tři základní typy uložení:

- uložení s vůlí – toto uložení zajišťuje vůli mezi dírou a hřídelí vždy, tj. nejmenší možný rozměr díry je větší, resp. stejný, jako největší možný rozměr hřídele.
- uložení přechodné – jedná se o uložení, kdy se ve vztahu díry a hřídele může vyskytnout jak vůle, tak i přesah dle toho, jaké jsou skutečné rozměry obou prvků. V tomto uložení se toleranční pole díry zčásti, nebo úplně překrývá s tolerančním polem hřídele.

- uložení s přesahem – je uložení, kdy je největší možný rozměr díry menší, nebo roven nejmenšímu možnému rozměru hřídele. Toto uložení zajišťuje přesah mezi spojovanými prvky vždy [3].

Soustava tolerancí a uložení je použitelná pro hladké prvky rotačních součástí, případně součástí s rovnoběžnými plochami. Tato soustava zavádí 20 tolerančních stupňů (IT) pro rozměry do 500 mm (IT01, IT0, IT1–IT18) a 18 tolerančních stupňů pro rozměry přes 500 mm do 3150 mm. Jednotlivé tolerance udávané tolerančními stupni se nazývají základní tolerance. Pro přesnou a všeobecnou strojírenskou výrobu se nejčastěji používají toleranční stupně IT5–IT11 [3].

Dalším důležitým termínem, který tato soustava zavádí, je tzv. základní úchylka. Základní úchylka udává polohu tolerančního pole ve vztahu ke jmenovitému rozměru. Základní úchylky se označují velkými písmeny (A...ZC) pro díry a malými písmeny (a...zc) pro hřídele [3]. Ve strojírenské výrobě se velmi často používá tzv. soustava jednotné díry, kdy se použije pouze jedna toleranční třída pro díry, ke kterým se přiřazují hřídele o různých tolerančních třídách za účelem dosažení požadovaného uložení. Základní úchylka díry se volí tak, aby byl dolní mezní rozměr díry stejný jako její rozměr jmenovitý (obr. 4) [3].



Obr. 4) Přehled základních úchylek pro díry a hřídele [3]

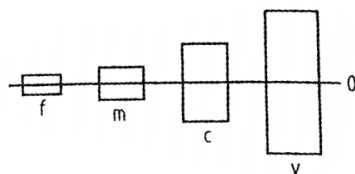
#### 1.4.2 Všeobecné tolerance pro délkové a úhlové rozměry

Délkovým a úhlovým rozměrům prvků, které nemají funkci ve vztahu k jiné součásti nebo k jinému prvku dané součásti, resp. bez zvláštních požadavků na přesnost, je zbytečné předepisovat tolerance, a tak zneprůhledňovat technickou dokumentaci. Pro takovéto rozměry se používají tzv. všeobecné tolerance, které platí pro veškeré netolerované rozměry součástí [3].

Všeobecné tolerance pro délkové a úhlové rozměry udávají mezní úchylky pro délkové a úhlové rozměry (včetně zaoblení a zkosení hran), u kterých není předepsána tolerance u jmenovité hodnoty. Výrobky, které přesahují úchylky všeobecných tolerancí pro délkové a úhlové rozměry,

nejsou automaticky považovány za neshodné kusy v případě, že si zachovávají svoji funkci, tj. nic neomezuje jejich použití [3, 7].

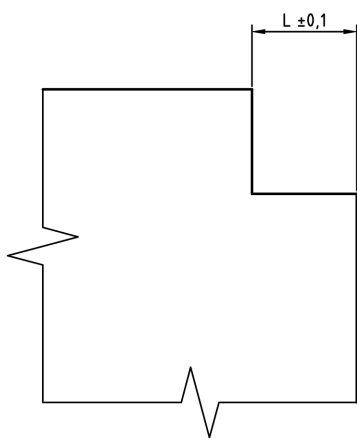
U všeobecných tolerancí pro délkové a úhlové rozměry rozlišujeme čtyři třídy přesnosti (obr. 5). Tyto třídy jsou: f – jemná; m – střední; c – hrubá; v – velmi hrubá. Mezní úchytky jednotlivých tříd jsou symetrické vzhledem ke jmenovitému rozměru kontrolovaného prvku [3, 7].



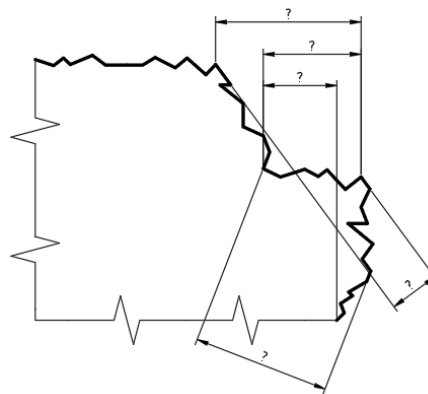
Obr. 5) Třídy přesnosti pro všeobecné tolerance délkových a úhlových rozměrů [3]

## 1.5 Rozměry jiné než lineární rozměry

Jedná se o takové rozměry, které neodpovídají definici lineárních rozměrů, tj. že jde o průměr válcového prvku, koule nebo kruhu, vzdálenost dvou protilehlých rovin, případně čar nebo rozdíl mezi průměry dvou soustředných kružnic, viz kapitola 1.4. Alespoň jedna vynášecí čára kóty nelineárního rozměru se tedy vztahuje nejčastěji k bodu, tečně, středu poloměru apod. Takového zakreslení rozměrů je vždy nejednoznačné (obr. 6), jedná se o chybu výkresové dokumentace a je vhodné změnit jejich zápis dle doporučení uvedených v normě ISO 14405 [5, 8].



(a) Předpis na výkresové dokumentaci



(b) Možnosti interpretace daného předpisu

Obr. 6) Ukázka nejednoznačnosti předpisu kótování nelineárního rozměru

## 1.6 Tolerance odchylek tvaru a polohy

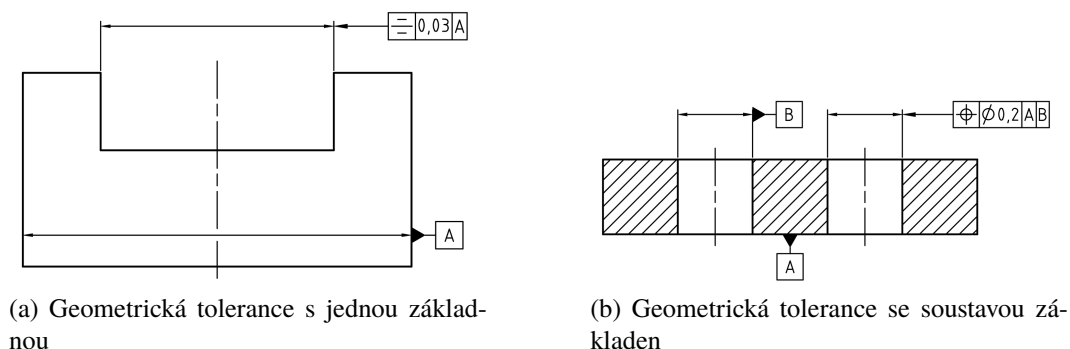
Předepisování tolerancí odchylek tvaru a polohy (geometrických tolerancí) je ovlivněno především požadavky na funkci dané součásti [9].

Geometrická tolerance přiřazená konkrétnímu prvku udává toleranční pole, ve kterém se tento prvek musí nacházet. Toleranční pole je pak vymezeno alespoň jednou geometricky dokonalou čarou nebo povrchem a specifikovaným rozměrem – tolerancí [9].

Na základě tolerovaného elementu a použitého způsobu kótování může být tolerančním polem kruh, mezikružní, válec atd. [9].

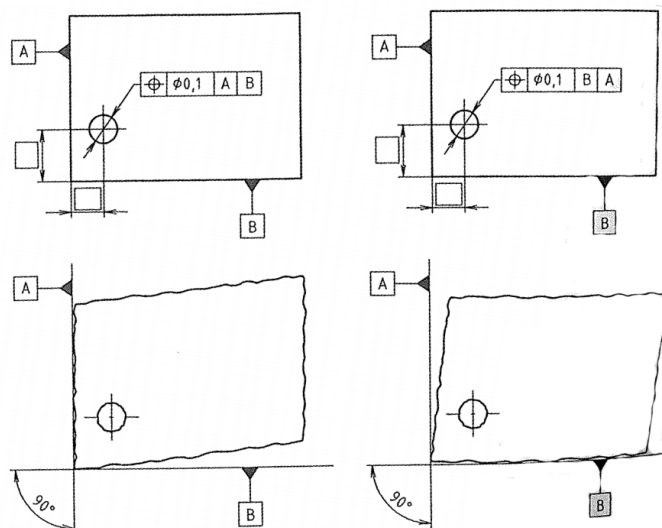
## 1.6.1 Základny

Základnou je myšlený ideální geometrický prvek, tzv. náhradní základní prvek, ke kterému se vztahuje geometrická tolerance tolerované charakteristiky (obr. 7). Základny uzavírají stupně volnosti tolerančního pole. Počet stupňů volnosti, které základna uzavírá, je závislý na ideálním (jmenovitém) tvaru prvků, který byl využit k ukotvení základny, resp. soustavy základen. [3, 10].



Obr. 7) Příklad zápisu základny, resp. soustavy základen [3]

Soustavy základen tvoří nejméně dvě, nejčastěji však tři samostatné základny, pro které je nutné splnit předepsané požadavky zvlášť. Pořadí zápisu jednotlivých základen pak udává jejich důležitost, viz obr. 8 [3].

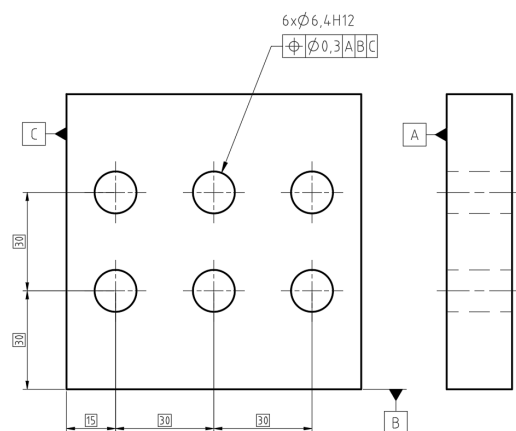


Obr. 8) Rozdíl ve způsobu měření geometrických úchylek při záměně pořadí základen [3]

## 1.6.2 Teoreticky přesné rozměry

Teoreticky přesnými rozměry jsou nazývány ty rozměry, které určují exaktní umístění, orientaci nebo profil tolerančního pole prvku, resp. prvků, ke kterým se vztahuje geometrická tolerance umístění, orientace nebo profilu (obr. 9). Proto se teoreticky přesné rozměry netolerují. Můžeme

tedy říct, že nám přesně udávají místo, ke kterému se vztahuje geometrická tolerance a ke kterému je prováděno měření bez ohledu na skutečný tvar součásti, např. osa myšleného válce pro kontrolu polohy prvku atd. [3, 9].

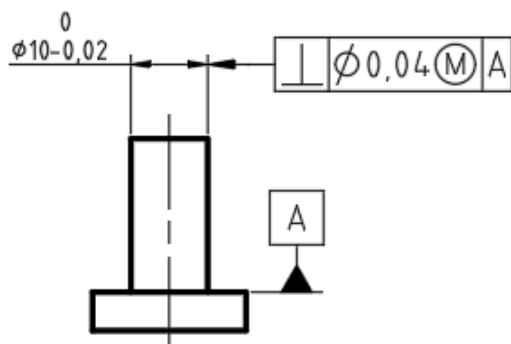


Obr. 9) Příklad zápisu teoreticky přesných rozměrů [3]

### 1.6.3 Požadavek maxima materiálu

Požadavek maxima materiálu (obr. 10) zavádí vztah mezi konkrétním rozměrem a geometrickou tolerancí k sobě se vztahujícím prvkům. Požadavek lze použít pouze jako společný požadavek pro oba sdružené prvky, tj. pro hodnotu rozměrového prvku a geometrickou toleranci vztahující se k tomuto prvku. Poté jsou obě tyto hodnoty (rozměr a geometrická tolerance) spojeny do jednoho jediného požadavku a dále se s nimi musí pracovat dle této myšlenky [11].

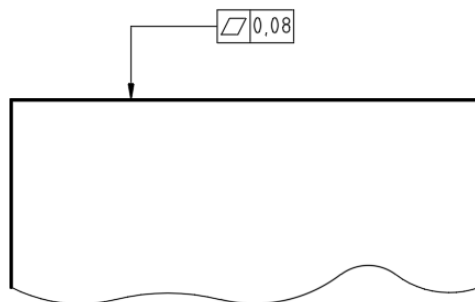
Je možné říci, že požadavek maxima materiálu dovoluje změnu hodnoty uvedené geometrické tolerance dle toho, jak se mění reálný rozměr prvku, ke kterému se geometrická tolerance vztahuje, resp. prvku základního (v případě zapsání symbolu požadavku maxima materiálu za označení základny) tak, aby nedošlo k porušení pravidla o úplné zaměnitelnosti součástí. Skutečná hodnota geometrické tolerance se tak může pohybovat v intervalu od hodnoty geometrické tolerance zapsané na výkrese součásti, pokud je skutečný rozměr závislého prvku na rozměru maxima materiálu, tj. na horním mezním rozměru pro hřídel, resp. dolním mezním rozměru pro díru, do hodnoty součtu geometrické tolerance předepsané na výkrese a tolerance závislého prvku na rozměru minima materiálu, tj. na dolním mezním rozměru pro hřídel, resp. horním mezním rozměru pro díru [3, 11].



Obr. 10) Požadavek maxima materiálu na rozměru posuzovaného prvku [3]

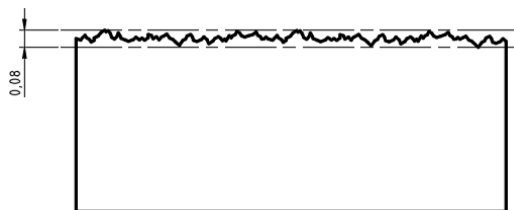
### 1.6.4 Rovinnost

Předpis pro geometrickou toleranci rovinnosti je zobrazena na obrázku 11. Rovinnost je požadavek na kontrolu geometrie, kdy je skutečný povrch součásti srovnáván s dokonale rovinným obrazem sebe sama. Z tohoto důvodu není požadováno, resp. je nesmyslné, použití základny [2].



Obr. 11) Předpis pro kontrolu rovinnosti [9]

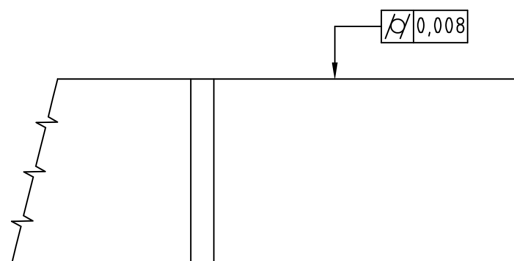
Geometrická tolerance rovinnosti říká, že kontrolovaný prvek musí ležet mezi dvěma rovnoběžnými rovinami, jejichž vzdálenost je rovna šířce tolerančního pole (obr. 12) [2, 9].



Obr. 12) Definice tolerančního pole rovinnosti [2]

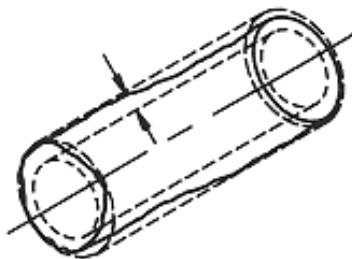
### 1.6.5 Válcovitost

Předpis pro geometrickou toleranci válcovitosti je zobrazen na obrázku 13. Obdobně jako u rovinnosti, tak ani u válcovitosti není důvod používat základnu [9].



Obr. 13) Předpis pro kontrolu válcovitosti [3]

Toleranční polem válcovitosti jsou dva sousedé válce s odlišnými průměry (obr. 14). Rozdíl průměrů uvažovaných válců je roven velikosti tolerančního pole uvedeného v předpisu pro kontrolu geometrické tolerance válcovitosti [2, 9].



Obr. 14) Definice tolerančního pole válcovitosti [2]

Válcovitost je formou trojrozměrné kontroly. Válcovitost kontroluje jak kruhovitost, tak i přímost a kuželovitost [2].

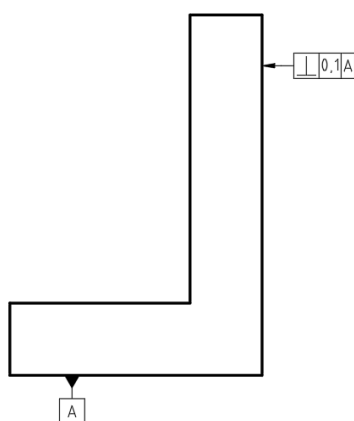
### 1.6.6 Poloha

Předpis geometrické tolerance polohy (obr. 9) ukládá kontrolu polohy tolerovaného prvku, jehož umístění vzhledem k základnám je přesně určeno teoreticky přesnými rozměry [3, 9].

Tolerančním polem polohy jsou dvě rovnoběžné roviny, které jsou od sebe vzdáleny o hodnotu tolerance a jsou symetricky rozloženy okolo osy tolerovaného prvku. Pokud je před hodnotou tolerance uveden symbol „Ø“, pak je tolerančním polem válec o průměru velikosti předepsané tolerance. Osa tohoto válce je dána teoreticky přesnými rozměry předepsanými pro tolerovaný prvek [9].

### 1.6.7 Kolmost

Kolmost (obr. 15) je geometrickou tolerancí orientace. Pomocí kolmosti je možné kontrolovat orientaci povrchů, os a rovin. V případě použití na rozměrovém prvku je často používána ke zdokonalení či rozšíření kontroly polohy. Dále může být kolmost použita k určení orientace sekundárních prvků soustavy základů k rovině hlavní základny [2].

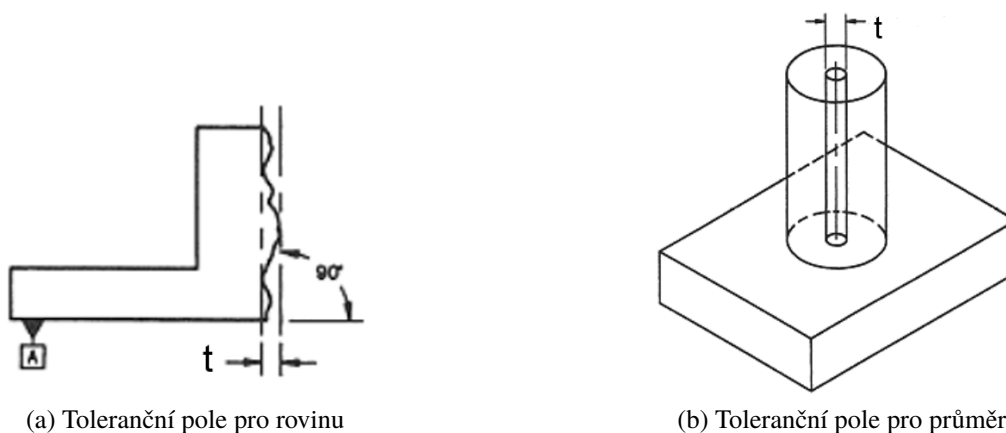


Obr. 15) Předpis pro kontrolu kolmosti [2]

Tolerančním polem kolmosti jsou buď dvě rovnoběžné roviny, které jsou od sebe vzdáleny hodnotou tolerance a obě jsou kolmé k základně (obr. 16a), v případě použití soustavy základů, jsou pak kolmé k hlavní základně a rovnoběžné se sekundární základnou, nebo válec o průměru



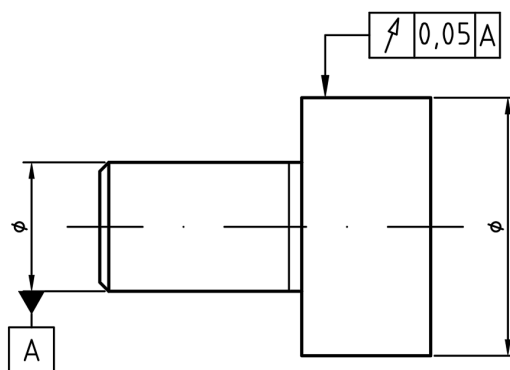
odpovídající hodnotě tolerance, který je kolmý k základně (obr. 16b). Ve druhém případě, se před hodnotu tolerance v předpisu kontroly kolmosti uvádí značka „Ø“ [2, 3, 9].



Obr. 16) Definice tolerančního pole kolmosti [2]

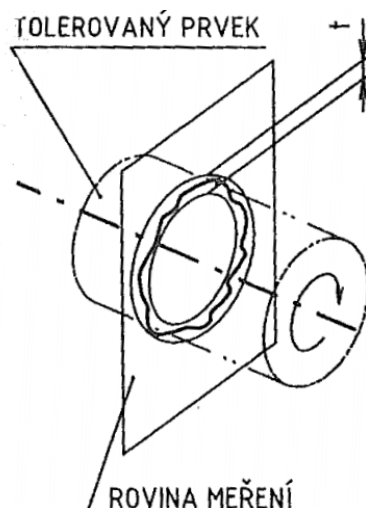
### 1.6.8 Kruhové házení

Při kontrole kruhového házení (obr. 17) zároveň kontrolujeme kruhovitost a válcovitost u požadovaného prvku ve vztahu k předepsané základně, nejčastěji ose rotace. Kontrola probíhá při otočení o 360° na jednotlivých průřezech kontrolovaného průměru a každý takový průřez je kontrolován samostatně [2].



Obr. 17) Předpis pro kontrolu kruhového házení [2]

Tolerančním polem kruhového házení v jakémkoliv sledovaném průřezu jsou dvě soustředné kružnice, které jsou od sebe vzdáleny o hodnotu tolerance uvedené v předpisu geometrické tolerance kruhového házení (obr. 18). Středů těchto kružnic leží na základně (základní ose) [9, 3].



Obr. 18) Definice tolerančního pole kruhového házení [3]

### 1.6.9 Všeobecné geometrické tolerance

Obdobně jako všeobecné tolerance pro délkové a úhlové rozměry (kapitola 1.4.2), tak i všeobecné geometrické tolerance platí pro prvky, u kterých není geometrická tolerance předepsána. Stejně tak platí, že v případě, kdy rozměry výrobku přesahují toleranci všeobecných geometrických tolerancí, nedochází k automatickému vyřazení výrobku, pokud je zachována jejich funkce [3, 12].

U všeobecných geometrických tolerancí rozlišujeme tři třídy přesnosti: H – nejpřesnější; K – střední; L – nejméně přesná [12].

## 1.7 Textura povrchu<sup>1</sup>

To, zda bude součást plnit svou funkci, záleží také na nerovnostech vyskytujících se na povrchu součásti. Texturou povrchu pak rozumíme opakující se nebo náhodné odchylky od geometricky dokonalého povrchu. Tyto odchylky tvoří trojrozměrnou topografii povrchu [3, 15].

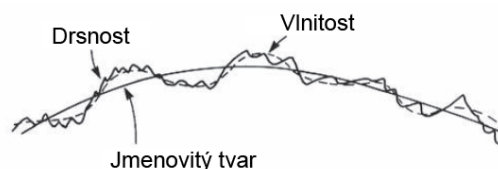
U textury povrchu lze mimo jiné rozlišit dvě následující vlastnosti (obr. 19):

1. Drsnost povrchu – zahrnuje nerovnosti způsobené nejčastěji při výrobním procesu jako důsledek použité technologie výroby součásti (stopy po řezném nástroji, brusivu atd.).
2. Vlnitost povrchu – jsou nerovnosti způsobené vlivem nedokonalé výroby či stroje. Vlnitost povrchu může být způsobena např. vibracemi mezi nástrojem a obrobkem [3, 15].

K měření a následnému vyhodnocení textury povrchu se mimo jiné používá tzv. profilová metoda, kdy se z profilu zkoumaného povrchu za pomoci přístrojů získávají jednotlivé profily textury povrchu (profil drsnosti, profil vlnitosti a profil základního profilu). Profil zkoumaného povrchu je pak průsečnice reálného povrchu s rovinou, která je kolmá k tomuto povrchu a zároveň je tato rovina kolmá na směr nerovností (stopy po nástroji atd.) [3].

<sup>1</sup> V různých vydáních českých verzí norem ISO je možné se setkat s termínem jak „textura povrchu“, tak i označením „struktura povrchu“. To je způsobeno různými překlady z anglického termínu „surface texture“. V této práci je dle pokynů vedoucího práce používán výhradně jen termín „textura povrchu“ [13].

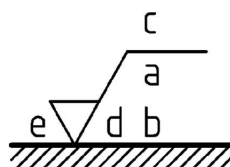
Na povrchu součásti se mohou vyskytovat také nedokonalosti jako jsou rýhy, koroze, deformace způsobené náhodně během výroby, případně špatnou manipulací nebo skladováním. Takové nedokonalosti nejsou do profilového hodnocení textury povrchu zahrnuty a je vhodné je hodnotit samostatně použitím jiné kontrolní metody, nejčastěji pak vizuální kontrolou kritických míst součásti [3].



Obr. 19) Zobrazení drsnosti a vlnitosti vůči jmenovitému tvaru [15]

### 1.7.1 Značení na výkresech

Podrobné informace o zapisování předpisu pro drsnost povrchu jsou uvedeny v normě ČSN EN ISO 1302. V této kapitole bude popsána pouze značka vyskytující se na výkrese rozebírané součásti, tj. značka drsnosti s požadavkem na odebrání materiálu.



Obr. 20) Značka drsnosti s požadavkem na odebrání materiálu [14]

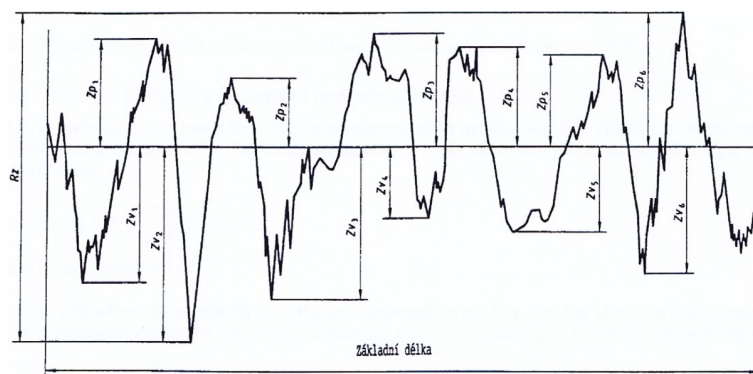
Na obrázku 20 je uvedena rozšířená grafická značka drsnosti. Tato značka udává požadavek na odebrání materiálu za účelem dosažení požadované hodnoty drsnosti povrchu [14].

Na pozici *a* se předepisuje parametr textury povrchu, mezní přípustná hodnota a přenosové pásmo a základní délka. V případě, že není přenosové pásmo, resp. základní délka předepsána, platí, že je požadováno standardní přenosové pásmo a standardní vyhodnocovaná délka  $5 \cdot \lambda_c$ . Pozice *b* slouží k předepisování dalšího požadavku na texturu povrchu. Tento požadavek se předepisuje obdobně jako u pozice *a*. Pozice *c* udává požadovaný výrobní proces, tepelné zpracování, povlakování a jiné požadavky na proces výroby dané součásti. Do pozice *d* se předepisuje značka požadavku na orientaci nerovností vzniklých výrobním procesem. Příklad na obrábění se pak zapíše jako číselná hodnota na pozici *e* [14].

Dále pro uvedený předpis platí „pravidlo 16 %“. Toto pravidlo říká, že hodnocený povrch splňuje požadavky, pokud při měření maximálně 16 % hodnot přesáhne horní mez specifikace a zároveň maximálně 16 % hodnot nedosáhne dolní meze specifikace (v případě, že se jedná o dvoustrannou toleranci) [3, 15].

### 1.7.2 Parametr $R_z$

Parametr  $R_z$  je tzv. největší výška profilu drsnosti (obr. 21). Tento parametr lze definovat jako vzdálenost nejvyššího vrcholu a nejnižší prohlubně v rozsahu vyhodnocované délky [16, 17].



Obr. 21) Definice parametru největší výšky profilu ( $R_z$ ) [16]

## 2 PROSTŘEDKY KONTROLY

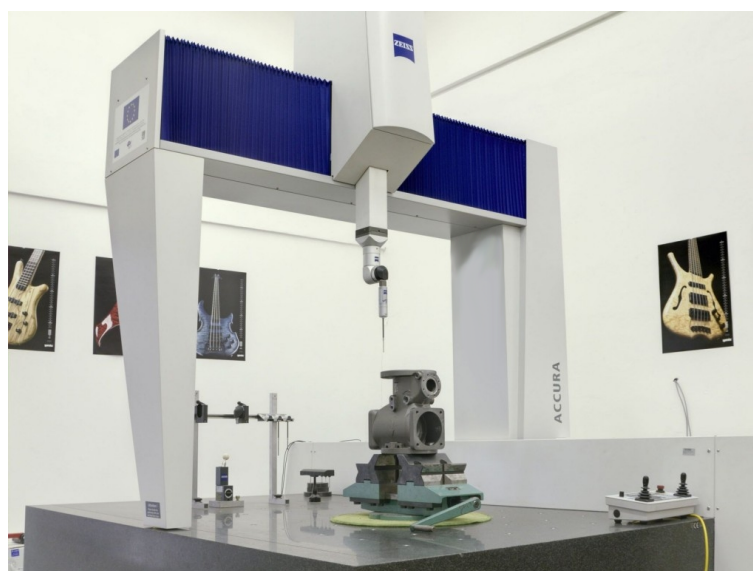
V této kapitole jsou popsány prostředky ke kontrole rozebírané součásti, kterými společnost disponuje. Jedná se pouze o rychlý přehled charakteristik jednotlivých měřidel a měřicích zařízení.

### 2.1 Zeiss Accura

Jedná se o souřadnicové měřicí zařízení vybavené skenovací hlavou (obr. 22). Zařízení disponuje modulární konstrukcí, tudíž je možné jej upravovat dle aktuálních potřeb. Využívá se především pro měření homologačních kusů, kusů s velkým množstvím kontrolovaných prvků nebo k měření kusů pro uvolnění výroby. Základní charakteristiky zařízení jsou uvedeny v tabulce 1 [18, 19].

Tab. 1) Charakteristiky měřicího přístroje Zeiss Accura [18].

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
měřicí rozsah:	1200 × 1800 × 1000	mm
teplotní rozsah:	20–26	°C
rozlišitelnost:	0,0001	mm
největší dovolená chyba měření délky (MPEE):	$2,2 + L/300$	μm



Obr. 22) Zeiss Accura na oddělení kontroly kvality [19]

## 2.2 Zeiss DuraMax HTG

Zeiss DuraMax HTG (obr. 23) je souřadnicový měřicí přístroj vhodný k použití v náročném výrobním prostředí. Pomocí skenovacího senzoru je možné měřit jak kontury, tak i libovolné tvarové plochy. Oproti základní verzi má verze HTG větší rozsah teplotní stability. Charakteristiky přístroje jsou uvedeny v tabulce 2 [20].

Tab. 2) Charakteristiky měřicího přístroje Zeiss DuraMax HTG [20].

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
měřicí rozsah:	500 × 500 × 500	mm
teplotní rozsah:	15–40	°C
rozlišitelnost:	0,0001	mm
největší dovolená chyba měření délky (MPEE):	$3,9 + L/30$	μm



Obr. 23) Zeiss DuraMax HTG ve výrobní hale

## 2.3 Digitální třmenový mikrometr Micromar 40 EWR

Jedná se o běžný digitální mikrometr k měření vnějších rozměrů (obr. 24). Při měření se kontrolovaná součást sevře mezi dva dotyky mikrometru, přičemž jeden z dotyků je pohyblivý. Pohyb dotyku je prováděn otáčením tzv. bubínku. Bubínek je vybaven spojkou, která umožňuje sevření součásti stejným tlakem při každém měření. Parametry měřidla jsou uvedeny v tabulce 3 [21].

Tab. 3) Charakteristiky mikrometru Micromar 40 EWR [22].

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
měřicí rozsah:	25–50	mm
rozlišitelnost:	0,001	mm
chyba měření:	2	μm



Obr. 24) Micromar 40 EWR

## 2.4 Dvoudotekový dutinoměr

Dutinoměr k měření vnitřních rozměrů (průměrů) se dvěma dotyky (obr. 25). Dutinoměr je opatřen indikátorem s možností vyznačení horní a dolní toleranční meze pro snazší orientaci při kontrole požadovaných rozměrů. Charakteristiky indikátoru viz tabulka 4.

Tab. 4) Charakteristiky indikátoru dvoudotekového dutinoměru [23].

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
měřicí rozsah:	±50	μm
rozlišitelnost:	0,001	mm
chyba měření:	1	μm





Obr. 25) Dvoudotekový dutinoměr

## 2.5 Digitální posuvné měřidlo Mitutoyo ABSOLUTE DIGIMATIC

Digitální posuvné měřidlo (obr. 5) umožňující měřit jak vnější, tak i vnitřní rozměry, hloubku, výšku a osazení. Charakteristiky měřidla jsou v tabulce 26.

Tab. 5) Charakteristiky posuvného měřidla Mitutoyo [24].

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
měřicí rozsah:	0–150	mm
rozlišitelnost:	0,01	mm
chyba měření:	20	μm



Obr. 26) Mitutoyo ABSOLUTE DIGIMATIC



## 2.6 Drsnoměr Mitutoyo Surftest SJ-210

Přenosný přístroj k hodnocení textury povrchu (obr. 27). Přístroj je vybaven kluznou opěrou, tudíž je použitelný pouze k vyhodnocování profilu drsnosti (R-profil). Snímací jednotka je upevněna na polohovatelném držáku, který usnadňuje manipulaci při měření. Výsledky měření jsou pak zobrazovány přímo na displeji přístroje. Parametry přístroje jsou uvedeny v tabulce 6 [25, 26].

Tab. 6) Charakteristiky drsnoměru SJ-210 [25].

Charakteristika	Hodnota	Jednotka
měřicí rozsah:	360	$\mu\text{m}$
snímací dotek:	diamantový hrot	-
měřicí síla snímače:	0,75	mN
úhel snímacího hrotu:	60	°
poloměr snímacího hrotu:	2	$\mu\text{m}$
rozlišitelnost:	0,001	$\mu\text{m}$



Obr. 27) Mitutoyo Surftest SJ-210 s externí měřicí jednotkou



### 3 ANALÝZA SPECIFIKACE

Před samotnou tvorbou kontrolního postupu je nezbytné provést posouzení a ohodnocení výkresové dokumentace vyráběného dílce (příloha A) a dílce samotného. Účelem tohoto posouzení je identifikování kritických, resp. problémových míst, a to jak pro výrobní proces, tak i pro kontrolní měření. Takto vytipovaným místům je poté třeba věnovat zvýšenou pozornost a zavést takové metody a postupy kontroly, aby byla zajištěna vysoká pravděpodobnost odhalení případných neshodných výrobků.

Jak již bylo zmíněno výše, je též potřeba věnovat pozornost výkresové dokumentaci, a to především ve vztahu k jednoznačnosti kótování. I přes veškerou snahu při vývoji totiž může dojít ke vzniku nepřesností vyskytujících se na výkrese součástí. Tyto nejasnosti je poté třeba najít a analyzovat tak, aby nedocházelo k chybnému vyhodnocení měření.

Tato kapitola je zaměřena právě na zhodnocení dokumentace k vyráběné součásti a na popis funkce součásti, jejíž znalost je pro volbu odpovídající metody měření nezbytná.

#### 3.1 Součást válcová příruba

Jedná se o rotační součást (obr. 28), která plní funkci při převodu točivého momentu z hnacího hřídele na devítistupňovou automatickou převodovku osobního automobilu.

Součást samotná se skládá ze dvou částí. Převážnou většinu tvoří kovová část z oceli 16MnCr5 (ČSN 14 220). Tato kovová část je pak osazena plastovým kroužkem z termoplastu POM (polyacetal).

Polotovarem pro výrobu kovové části je protlaček tvářený za studena. Plastový kroužek je pak vyráběn vstřikováním.

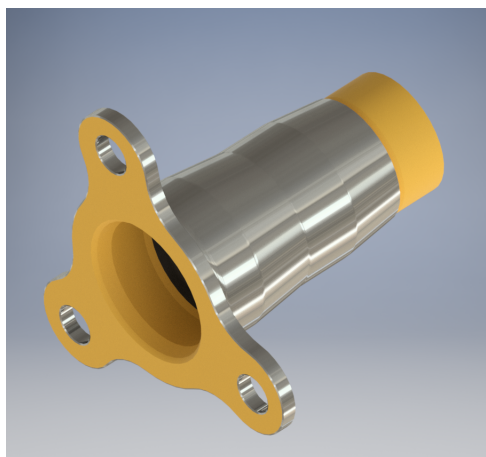


Obr. 28) Součást válcová příruba

Výroba součásti probíhá ve třech krocích:

1. Obrobení průměru pod plastovým kroužkem, příruby a vnitřního průměru na straně příruby (obr. 29a).

2. Nalisování plastového polotovaru na obrobenou plochu.
3. Obrobení plastového kroužku, včetně zkosení na vrcholu válce kovové části (obr. 29b).



(a) Plochy obráběné v první operaci



(b) Plochy obráběné ve třetí operaci

Obr. 29) Součást válcová příruba s vyznačenými plochami obráběnými v jednotlivých operacích

## 3.2 Popisové pole

Popisové pole výkresu součásti uvádí základní informace o dané součásti, všeobecných podmínkách platících pro celý výkres a v neposlední řadě pak informace o normách, které je při přípravě výroby a kontrole specifikací součásti třeba dodržovat.

Výkres součásti válcová příruba je dle údajů v popisovém poli (obr. 30) kreslen metodou pravoúhlého promítání v 1. kvadrantu. Tolerování je řešeno dle normy ISO 14405 a je uplatňován obálkový princip. Všeobecné tolerance pak odpovídají normě ISO 2768, délkové rozměry jsou tolerovány ve střední třídě přesnosti (m) a všeobecné tolerance odchylek tvaru a polohy jsou tolerovány také ve střední třídě přesnosti (K). Dále je nutné počítat s tím, že při použití ISO 14405 a ISO 2768 platí, na základě tzv. invokačního principu, všechna další ustanovení ISO GPS, není-li uvedeno jinak [4].

Údaje nad popisovým polem poté udávají požadavek na obrábění všech ploch, které nejsou více specifikovány samotným výkresem, na hodnotu drsnosti maximálně  $R_z 25$ . K obrábění ovšem dochází pouze u prvků uvedených v kapitole 3.1, tudíž se jedná o nesprávný předpis. Místo použité značky by měla být použita značka pro požadavek zákazu odebrání materiálu, resp. značka dále neurčující zda má být povrch obrobený nebo ne.

Předpis pro hrany neurčitých tvarů poté pro vnější hrany dovoluje zkosení a nedovoluje otřep.

|-0.2

$\sqrt{Rz\ 25}$  (  $\sqrt{Rz\ 16}$   $\sqrt{Rz\ 6.3}$  )

Änderungsindex / Änderungsbeschreibung state of revision / revision text		ZGS	Auftrags-Nr. order no.	Bearb./auth. Datum/date	Prüf./check Datum/date	Norm/stand Datum/date
Werkstoff (Endzustand) / material (fi.co.)		Oberfl.sch./surf.prot. DBL	Bearb./auth.		Datum/date	
		Farbe/color	Bearb./auth.			
		Dekor/decoration	Prüf./check			
		Oberfl.ang./surf.texture	Norm/stand.			
		Oberfl.äcche/surface (m <sup>2</sup> )	0.0267		Freig./rel.	
Stammdaten/ masterdata	D-Pflicht/required	VerDoc-Relevanz/relevance		ESD-Kennzeichen/code		
	Art/ type	Anzahl Merkmale/ number of features	Anzahl/number of VPD-Ident-Nr./no.			
	DS	0	0		federf.Abt./resp.dep.	
	DZ	0	0			
Allg. Toleranzen/gen. tolerances ISO 2768-mK			gesetzl. Merkmal/st.ftr.		ZGS	Auftr.-Nr./order no.
Referenz-Nr./reference no.		Masse/mass (kg)	Benennung/title			
		0.338	<b>VÁLCOVÁ PŘÍRUBA</b>			
Massstab/scale 2:1 2.5:1 5:1 10:1 1:1		System/system NX 11.0				
Tolerierung/tolerancing ISO 14405 (E)						
		Format/sz.		Blatt/sh.	Sach-Nr./basic number	
		A1				

Keine Änderung ohne Zustimmung der federführenden Konstruktion. / Any alterations are subject to the approval of the design department.

Obr. 30) Popisové pole výkresu válcové příruby

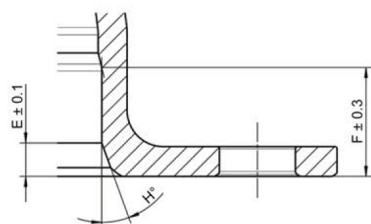
### 3.3 Kóty délkových rozměrů

V otázce délkových rozměrů se na výkrese součásti objevují dvě problémová místa. Mimo tato místa jsou rozměry jednoznačně dány a jsou bez větších obtíží měřitelné pomocí dílenských měřidel uvedených v kapitole 2 nebo pomocí souřadnicových měřicích přístrojů.

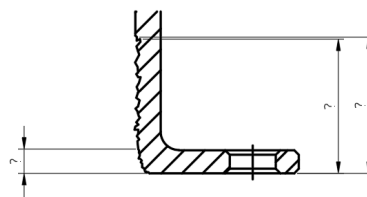
#### 3.3.1 Pohled X1-B2

První místo se nachází v oblasti příruby, na vnitřním průměru  $\varnothing G\ H6$  (obr. 31), konkrétně se pak jedná o kóty  $F\pm 0,3$  a  $E\pm 0,1$ . Tyto kóty nesplňují definici lineárního rozměru, tedy že se nejedná o průměr válcového prvku, koule nebo kruhu, vzdálenost dvou protilehlých rovin, případně čar nebo rozdíl mezi průměry dvou soustředných kružnic (viz kapitola 1.4). Vynášecí čára je zde vedena k přechodu mezi válcovou plochou a plochou kuželovou (zkosením). Jako nejvhodnější metodou kontroly by bylo měření pomocí profilprojektoru. Tímto měřicím zařízením společnost sice disponuje, ale vzhledem k tomu, že se jedná o vnitřní rozměr, by bylo nezbytné součást rozřezat a to není v režimu pravidelných kontrol možné. Řešením je tak měření pomocí 3D souřadnicového stroje Zeiss DuraMax, který mimo jiné umožňuje měření kontury součásti, a tak je s jeho pomocí možné kontrolovat prvky podobného charakteru jaké udávají kóty  $F\pm 0,3$  a  $E\pm 0,1$ .

Problém může nastat v případě, že dojde k nesprávnému vyhodnocení vzdálenosti z důvodu nedokonalé vyrobené přechodu kuželové plochy na plochu válcovou. I přesto, že tato nedokonalost nemusí mít přímý vliv na funkčnost součásti, jedná se o neshodný výrobek a s tím spojené obtíže při zavádění nápravných opatření a nových kontrolních postupů, proto je při kontrole nezbytné tomuto místu věnovat zvýšenou pozornost.



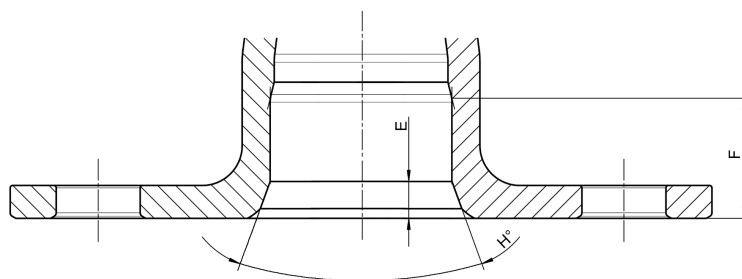
(a) Předpis na výkrese součásti



(b) Ilustrace nejednoznačnosti předpisu

Obr. 31) Problémové místo vnitřního průměru na straně příruby

Dalším vhodným krokem by bylo nahrazení předepsaných tolerancí tolerancemi všeobecnými, a to především z důvodu eliminace možných problémů, kdy se jednotlivé prvky neshodují se specifikací, ale není tím narušena samotná funkce daného prvku. Doporučení pro změnu kótování pohledu X1-B2 je na obrázku 32.

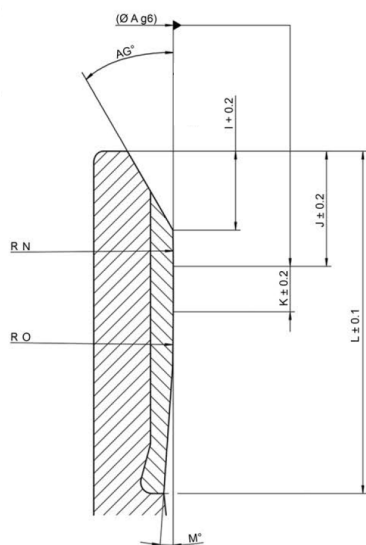


Obr. 32) Doporučení pro změnu kótování pohledu X1-B2

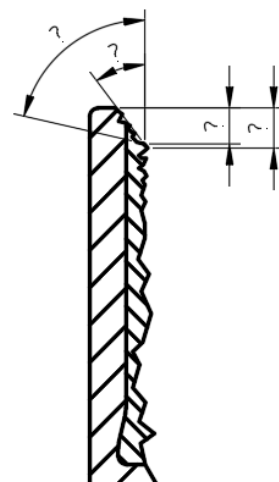
### 3.3.2 Pohled X1.1-B2

Druhým problémovým místem ve vztahu k délkovým rozměrům je oblast plastového kroužku (obr. 33). Vzhledem k velkému počtu kót nesplňujících definici lineárních rozměrů, požadavku hladkého přechodu mezi kovovou a plastovou částí a dvěma konvexním plochám se jako nejvhodnější kontrolní metodou jeví, stejně jako v případě kapitoly 3.3.1, kontrola pomocí měření kontury.

Vzhledem k použití plastu, je zde výše zmíněný problém s nedokonale vyrobeným přechodem zkosení ještě výrazně vyšší, a to tak, že může být velmi obtížné lokalizovat konkrétní hranu, ke které je daná kóta vztažena. Stejně jako v kapitole 3.3.1 je tedy nutné tomuto místu věnovat zvýšenou pozornost.



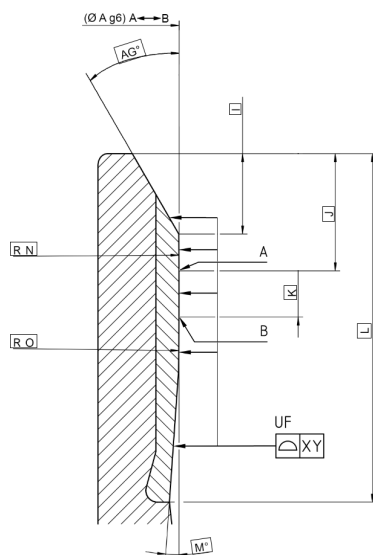
(a) Předpis na výkrese součásti



(b) Ilustrace nejednoznačnosti předpisu

Obr. 33) Problémové místo v oblasti plastového kroužku

Další možností je předepsat povrchu plastového kroužku geometrickou toleranci tvaru plochy a zároveň nahradit předepsané tolerance rozměrů vztahujících se ke kontrolované ploše teoreticky přesnými rozměry (obr. 34). V každém případě se však jedná z hlediska měření a kontroly o velmi problémové místo a je nutné k této oblasti přistupovat se značnou obezřetností.



Obr. 34) Doporučení pro změnu kótování pohledu X1.1-B2

V oblasti pohledu X1.1-B2 se také vyskytuje grafická chyba. Touto chybou je nesprávné odkázování na plochu, ke které se vztahuje průměr  $\varnothing A g6$ . Opravený zápis se nachází na obrázku 34.

### 3.4 Požadavky na drsnost povrchu

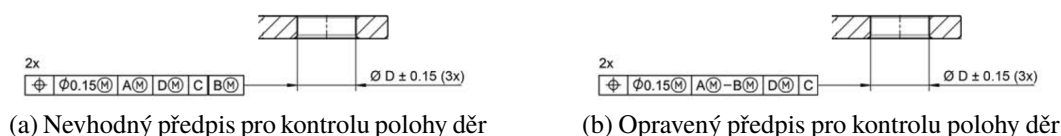
Na výkrese součásti jsou mimo všeobecný požadavek na drsnost povrchu uvedeny další dvě hodnoty drsnosti povrchu. Obě tyto hodnoty –  $Rz\ 16$  a  $Rz\ 6,3$  – jsou dosažitelné metodou třískového obrábění, za předpokladu stabilních procesních podmínek a jiných vlivů jako jsou vibrace, chladicí kapalina apod., bez větších problémů.

Všechny plochy, kterých se zmíněné předpisy týkají jsou snadno přístupné a je možné je měřit drsnoměrem uvedených v kapitole 2.6.

### 3.5 Požadavky na geometrii součásti

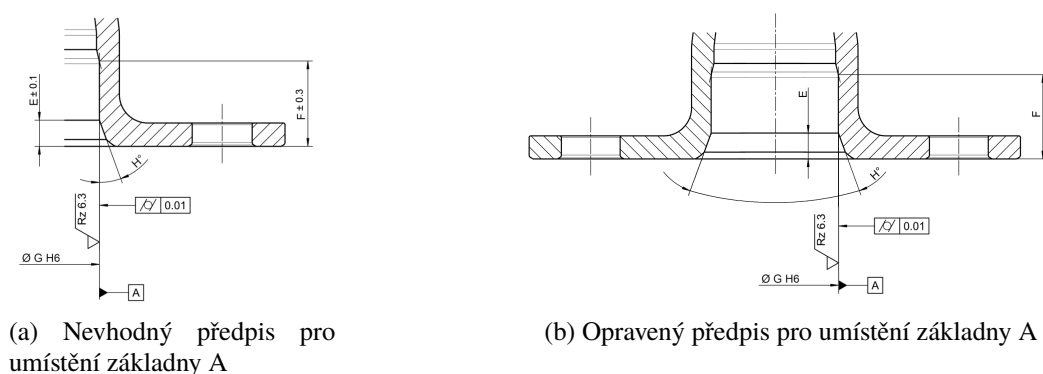
Veškeré požadavky na kontrolu odchylek tvaru a polohy součásti lze měřit pomocí souřadnicových přístrojů Zeiss Accura a Zeiss DuraMax. Válcovitost průměru  $\varnothing G\ H6$  je také možné měřit pomocí dvoudotekového dutinoměru s indikátor.

Jedním z problémů z hlediska odchylek tvaru a polohy je předpis pro kontrolu polohy děr  $\varnothing D \pm 0,15$  (obr. 35a), kdy předpis obsahuje čtyři základny. V tomto případě se jedná pouze o chybu na výkrese součásti. Správný předpis pro kontrolu této specifikace je na obr. 35b.



Obr. 35) Předpis pro kontrolu polohy dvou děr  $\varnothing D \pm 0,15$

Dalším nedostatkem je umístění základny A. Základnou A je osa válcové části dílce, tudíž by měl být předpis základny vztažen k rozměru této válcové části. I v tomto případě se jedná pouze o grafickou chybu a ne o chybu v interpretaci předpisu. Nevhodný a opravený předpis pro umístění základny A se nachází na obrázku 36.



Obr. 36) Předpis pro umístění základny A



## 4 TVORBA POSTUPU POSOUZENÍ SHODY A KONTROLY

V této kapitole je zpracován plán pro kontrolu specifikace součásti válcová příruba jak přímo ve výrobním procesu, tak i při uvolňování výroby, vzorkování a podobných úkonech. Kontrolní plán je vytvořen s využitím softwaru Palstat CAQ.

Palstat CAQ je systém řízení kvality s modulárním designem umožňující plnění požadavků zákazníka v oblasti řízení kvality, metrologie, údržby atd. [27].

Kontrolní plán obsahuje mimo základní údaje o součásti, informace o odběrateli součásti, členech týmu podílejícího se na tvorbě kontrolního postupu a další doplňující informace, také údaje o jednotlivých kontrolovaných prvcích, či specifikacích, a to včetně použitých měřidel, četnosti kontroly, počtu kontrolovaných kusů, resp. prvků a okamžitých opatření v případě nalezení neshody při kontrole dílce. Hlavička kontrolního plánu zobrazující veškeré informace o součásti je na obr. 37. Na obrázku jsou záměrně začerněny citlivé informace.

**ZLKL** ☐ Prototyp ☐ Ověřovací série ☒ Výroba **KONTROLNÍ PLÁN** Strana 1 z 6  
Formulář: Kontrolní plán OS 7.1/2/F08/0

Číslo kontrolního plánu		Vydání č.	Vydal (jméno / tel. č.)	Datum (původní)	Datum (revize)						
		01	Jan Ondruška /	22.03.2018							
Číslo dílu	Index změny	Základní tým		Technické schválení zákazníkem / datum (požaduje-li se)							
Název dílu		Schválení / datum		Schválení kvality zákazníkem / datum (požaduje-li se)							
Válcová příruba											
Organizace / závod	Kód organizace	Schváleno odběratelem / datum (požaduje-li se)		Jiné schválení / datum (požaduje-li se)							
Číslo operace	Jméno operace	Stroj	Znak		Význ. char.	Metody				Plán reakce	
			Produkt	Proces		Spec. tolerance produktu / procesu	Metoda měření / hodnocení	Vzorek	Kontrolní metoda		Zaznam
							Odběr	Četnost	Zodp.		

Obr. 37) Hlavička kontrolního plánu

Dokument kontrolního plánu je vytvořen dle standardu APQP a upraven dle požadavků a potřeb společnosti.

### 4.1 Plán kontroly ve výrobním procesu

Kontrolní plán pro kontrolu součásti ve výrobním procesu (příloha B) je nezbytným dokumentem při výrobě. Tento dokument obsahuje informace o tom jak často, v jakém množství a jakou metodou provádět kontrolu vybraných prvků součásti.

Při tvorbě kontrolního plánu je třeba dodržovat jisté požadavky, a to ať už jsou dány zákazníkem, normami nebo přímo výrobním procesem. Je nutné přizpůsobit kontrolní kroky tak, aby byly proveditelné, tj. aby byly časově nenáročné a tak nedocházelo k časovým prodléváním ve výrobě nebo případným chybám způsobeným nesprávným použitím měřidla, či uspěchanému chování pracovníka, který má danou kontrolu provádět. Zároveň však musí být zajištěna vysoká pravděpodobnost odhalení případné neshody.

Samotný kontrolní plán pak může být použit přímo jako návod ke kontrole nebo, jak je praxí ve společnosti ZLKL, s. r. o., jako výchozí dokument pro tvorbu technologické instrukce pro jednotlivá pracoviště a procesní operace.

Vzhledem ke krátkým strojním časům v jednotlivých operacích výroby válcové příruby a vysokému počtu vyráběných kusů v jednotlivých dodávkách bylo při tvorbě kontrolního plánu pro kontrolu součásti ve výrobě nutné zaměřit se především na prvky kritické, s úzkým tolerančním pásmem. Interval mezi kontrolami méně významných prvků musel být zvětšen a zodpovědnost

za regulaci výrobních parametrů ovlivňujících tyto prvky byla převedena na operátora výrobního zařízení.

Jednotlivé kontrolní kroky, a především pak četnosti měření, byly konzultovány s technologickým oddělením společnosti tak, aby bylo možné s vysokou pravděpodobností zachytit neshody způsobené technologickými vlivy, jako je opotřebení nástrojů, jejich poškození a další.

## 4.2 Plán kontroly pro uvolnění výroby

Uvolnění výroby oddělením kvality je nezbytné provést vždy při začátku nové směny, při přerušení výroby, v případě, že dojde ke změně v procesu výroby, jako je zásah do CNC programu, změna procesních parametrů atd. V takových a obdobných případech je nutné, aby došlo ke kontrole správnosti výroby ještě předtím, než se spustí výroba samotná, a to proto, aby se zabránilo výrobě většího množství neshodných dílů.

Kontrolní plán vytvořený pro uvolnění výroby má lehce jinou strukturu než plán kontroly pro výrobu (kapitola 4.1). Cílem je vytvořit dokument, který slouží jako návod pro měřicího technika pro tvorbu měřicího programu pro souřadnicové měřicí zařízení. Plán obsahuje metody měření všech specifikací uváděných na výkrese součástí. Ne všechny specifikace musí být nutně měřeny souřadnicovým měřicím zařízením, ale všechny musí být řádně zkontrolovány. Zároveň je plán kontroly pro uvolnění výroby výchozím dokumentem pro tvorbu náměrových protokolů dodávaných zákazníkům společně s díly určenými ke vzorkování, homologaci, potvrzení způsobilosti procesu atd.

Kontrolní plán pro uvolnění výroby uvedený v příloze C obsahuje kroky pro kontrolu zcela hotové součásti. Měřicí postup, resp. program souřadnicového měřicího zařízení, vytvořený na základě tohoto kontrolního plánu, je pak možné dále rozšiřovat o různé modifikace, vycházející z konkrétních požadavků výroby, jako je měření pouze některých prvků součásti apod.

Při tvorbě plánu kontroly pro uvolnění výroby bylo spolupracováno s techniky 3D měření, především pak v otázkách možnosti měření součásti pomocí souřadnicových měřicích zařízení.

## 5 DOPORUČENÍ PRO PRAXI

V kapitole 3 byla rozebrána problematika tvorby kontrolního postupu pro součást válcová příruba z hlediska nejasností, či nedokonalostí v technické dokumentaci, které by mohly způsobit problémy při kontrole nebo výrobě součásti samotné. Nezbytným úkolem je tedy navrhnout kroky, jak tyto nedokonalosti odstranit z celého procesu výroby součásti.

Jedním z těchto kroků bude vytvoření nové revize výkresu součásti, a to tak, aby byly odstraněny chyby vyskytující se na výkrese a došlo ke zlepšení čitelnosti a přehlednosti výkresu, především pak v problémových oblastech uvedených v kapitole 3.3. Zároveň budou eliminovány nejasnosti vztahující se k popisovému poli výkresu součásti. I přesto, že jsou tyto nejasnosti projednány mezi jednotlivými odděleními zajišťujícími přípravu výroby, výrobu a následnou kontrolu součásti a jednotlivé problémy jsou vyjasněny, mohou způsobit potíže v případě změny ve složení základního týmu tohoto projektu. Takto může snadno dojít ke zpoždění dosažení konkrétních milníků projektu, resp. výroby samotné. V době psaní tohoto textu se již na nové revizi výkresu pracuje, a to v plné spolupráci mezi zákazníkem a společností ZLKL, s. r. o. jako dodavatelem.

Dále je nezbytné průběžně kontrolovat míru výskytu neshod při výrobě dané součásti a v návaznosti na tento ukazatel průběžně optimalizovat proces kontroly součásti tak, aby bylo v případě kvalitní výroby možné snížit čas potřebný ke kontrole a naopak, aby v případě zhoršení výroby byla pravděpodobnost zachycení neshodných kusů co možná nejvyšší (s přihlédnutím k dalším požadavkům a parametrům výroby). V případě již stabilního procesu výroby je tedy vhodné zavedení tzv. dynamických kontrolních plánů. Tyto plány upravují četnost kontrol jednotlivých prvků na základě výskytu neshodných kusů. V případě, že se za předem stanovené období nevyskytne neshoda spojená s kvalitou výroby součásti, může být četnost měření snížena. Pokud dojde k opětovnému výskytu neshody, dojde k návratu k původnímu kontrolnímu plánu.

V návaznosti na předchozí odstavec je pak nutné myslet na aktuálnost kontrolního plánu pro jednotlivé kontrolní úkony (kontrola ve výrobě, kontrola při uvolňování výroby) ve vztahu k neustálému zlepšování výrobního procesu. Aktualizace kontrolního plánu může být provedena na základě změny v dokumentaci přímo související s kontrolním plánem samotným, např. dokument FMEA, nebo při zásahu do výrobního procesu jako takového. Při výrobě se mohou objevit problémy, které nebylo možno identifikovat během výroby prototypů, resp. při před-sériové výrobě a tyto potíže nabudou na významu až ve výrobě sériové, kdy je třeba, vzhledem k velkým výrobním dávkám, rychle vytvořit efektivní nápravná opatření. V takovýchto případech, stejně jako v případě zvýšeného počtu neshodných kusů, kdy je nezbytné zpřísnit postup kontroly, je nutné do kontrolního plánu zasáhnout a zajistit tak, že dojde k výraznému poklesu počtu vyrobených neshodných kusů, jež se dostanou až k odběrateli.

Nezodpovědnost při udržování aktuálnosti kontrolního plánu může mít značný dopad jak na náklady spojené s výrobou vadných dílů, tak i na poškození pověsti společnosti u svých zákazníků, což může mít za následek snížení konkurenceschopnosti společnosti a její následný úpadek.



## ZÁVĚR

Cílem této závěrečné práce bylo vytvořit kontrolní postup pro posouzení shody součásti válcové příruba se specifikací, a to jak při kontrole součásti přímo ve výrobním procesu, tak i při úplné kontrole součásti v kontrolovaných podmínkách, např. při uvolňování výroby, vzorkování a obdobných úkonech.

V kapitole 1 je rozebrána problematika tolerování ve vztahu k existujícím normám, které se vztahují k technické dokumentaci dané součásti. Vzhledem k značné rozsáhlosti a propletenosti jednotlivých témat jsou zde uvedeny pouze ty parametry a principy, které se přímo vyskytují na výkrese součásti nebo jinak souvisí s její výrobou.

Kapitola 2 obsahuje výčet kontrolních prostředků, kterými společnost ZLKL, s. r. o. disponuje a které jsou vhodné ke kontrole rozebírané součásti. Jedná se jak o běžně dostupná dílenská měřidla, tak i o moderní souřadnicové stroje.

Aby bylo možné vypracovat jednotlivé kontrolní plány, bylo nezbytné provést zhodnocení součásti z hlediska její funkce a jednoznačnosti výkresové dokumentace. Toto je provedeno v kapitole 3, kde byla vytipována místa, v nichž by mohly vznikat problémy při kontrole součásti. Dále pak byly nalezeny nejednoznačnosti a nepřesnosti vyskytující se ve výrobní dokumentaci součásti a navržena vhodná řešení pro měření či úpravu těchto nepřesností, resp. chyb.

V kapitole 4 byl s pomocí počítačového softwaru Palstat CAQ vytvořen kontrolní plán pro kontrolu součásti ve výrobním procesu a kontrolní plán pro kontrolu součásti při uvolňování výroby. Oba kontrolní plány byly vytvořeny pro sériovou výrobu a byly zpracovány s přihlédnutím k časové náročnosti jednotlivých výrobních operací a kontrolních kroků.

V závěrečné části práce (kapitola 5) byly navrženy kroky vhodné k nápravě nedostatků ve výrobní dokumentaci. Dále zde byla uvedena doporučení pro další práci s kontrolními plány a jejich údržbu.

Veškeré poznatky a výsledky získané při tvorbě této práce jako jsou jednotlivé kontrolní plány a zjištěné nedostatky a chyby ve výkresové dokumentaci, stejně jako doporučení navržená v kapitole 5, byly konzultovány s odpovědnými osobami podílejícími se na projektu výroby válcové příruba. Tyto zjištění jsou ve fázi implementace do výrobního procesu rozebírané součásti a jsou využívány při tvorbě nápravných opatření vedoucích k odstranění těchto nejednoznačností. Vytvořené kontrolní plány jsou zahrnuty do procesu kontroly daného dílu a slouží jako výchozí dokumenty pro tvorbu dalších podkladů pro výrobu jako jsou technologické instrukce, měřicí programy a další.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PLACKO, Dominique, ed. 2006. *Metrology in Industry: The Key for Quality*. Newport Beach, CA: ISTE, 2006. ISBN 978-1-905209-51-4.
- [2] MEADOWS, James D. *Measurement of Geometric Tolerances in Manufacturing*. New York: Marcel Dekker, c1998. ISBN 978-082-4701-635.
- [3] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-839-7.
- [4] ČSN EN ISO 8015. *Geometrické specifikace výrobků (GPS) – Základy – Pojmy, principy a pravidla*. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [5] ČSN EN ISO 14405-1. *Geometrické specifikace produktu (GPS) – Tolerování rozměrů – Část 1: Lineární rozměry*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [6] ČSN ISO 13715. *Technické výkresy – Hrany neurčitých tvarů – Slovník a označování*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [7] ČSN ISO 2768-1. *Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů*. Praha: Český normalizační institut, 1992.
- [8] ČSN EN ISO 14405-2. *Geometrické specifikace produktu (GPS) – Tolerování rozměrů – Část 2: Rozměry jiné než lineární rozměry*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [9] ČSN EN ISO 1101. *Geometrické specifikace produktu (GPS) – Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [10] ČSN EN ISO 5459. *Geometrické specifikace produktu (GPS) – Geometrické tolerování – Základny a soustavy základen*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [11] ČSN EN ISO 2692. *Geometrické specifikace výrobků (GPS) – Geometrické tolerování – Požadavek maxima materiálu (MMR), požadavek minima materiálu (LMR) a požadavek reciprocity (RPR)*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [12] ČSN ISO 2768-2. *Všeobecné tolerance. Část 2: Nepředepsané geometrické tolerance*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [13] HARČARÍK, MATEJ. *Měření parametrů textury povrchu výrobků kontaktní a bezkontaktní metodou*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 81 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.
- [14] ČSN EN ISO 1302. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Označování struktury povrchu v technické dokumentaci výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 2002.

- [15] WHITEHOUSE, D. J. *Handbook of surface and nanometrology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. ISBN 9781420082012.
- [16] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [17] GADELMAWLA, E.S., M.M. KOURA, T.M.A. MAKSOUD, I.M. ELEWA a H.H. SOLIMAN. *Roughness parameters. Journal of Materials Processing Technology* [online]. 2002, 123(1), 133-145 [cit. 2018-02-08]. DOI: 10.1016/S0924-0136(02)00060-2. ISSN 09240136. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013602000602>
- [18] ZEISS ACCURA: Přesnost a výkon. *ZEISS Česká republika* [online]. Praha: Carl Zeiss spol s r. o., 2016 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/metrologie/produkty/systemy/bridge-type-cmms/accura.html>
- [19] KONTROLA KVALITY. *ZLKL, s. r. o.* [online]. Loštice: ZLKL, s. r. o., 2017 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://www.zlkl.cz/kontrola-kvality>
- [20] Zeiss DuraMax: Eliminuje potřebu pevných kalibrů. *ZEISS Česká republika* [online]. Praha: Carl Zeiss spol s r. o., 2016 [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/metrologie/produkty/systemy/production-cmms/duramax.html>
- [21] Měříme na setiny milimetru - Mikrometry. *M&B Calibr* [online]. Ivančice: M&B Calibr, spol. s r. o. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: <http://www.mbcaltbr.cz/merime-na-setiny-milimetru-mikrometry.html>
- [22] 40 EWR - Digitální třmenový mikrometr. *Mahr* [online]. Proboštov: Mahr, spol. s r.o. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: [https://www.mahr.com/cs/Produkty-a-slu%C5%BEby/V%C3%BDrobn%C3%AD-m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Produkty/Ru%C4%8Dn%C3%AD-m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Micromar---Mikrometry/Micromar---T%C5%99menov%C3%A9-mikrometry/Micromar---Digit%C3%A1ln%C3%AD-t%C5%99menov%C3%BD-mikrometr/Micromar-40-ER---40-EWR---40-EWRi---40-EWS---Digit%C3%A1ln%C3%AD-t%C5%99menov%C3%BD-mikrometr/Micromar-40-EWR-\(2017\)---Digital-outside-micrometer--IP-65/40-EWR---Digit%C3%A1ln%C3%AD-t%C5%99menov%C3%BD-mikrometr--IP-65/](https://www.mahr.com/cs/Produkty-a-slu%C5%BEby/V%C3%BDrobn%C3%AD-m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Produkty/Ru%C4%8Dn%C3%AD-m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Micromar---Mikrometry/Micromar---T%C5%99menov%C3%A9-mikrometry/Micromar---Digit%C3%A1ln%C3%AD-t%C5%99menov%C3%BD-mikrometr/Micromar-40-ER---40-EWR---40-EWRi---40-EWS---Digit%C3%A1ln%C3%AD-t%C5%99menov%C3%BD-mikrometr/Micromar-40-EWR-(2017)---Digital-outside-micrometer--IP-65/40-EWR---Digit%C3%A1ln%C3%AD-t%C5%99menov%C3%BD-mikrometr--IP-65/)
- [23] Millimess 1003 mechanické přesné indikátorové úchylkoměry. *Mahr* [online]. Proboštov: Mahr, spol. s r.o. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://www.mahr.com/cs/Services/Production-metrology/Products/Precision-gages/Millimess---Digital-and-Dial-Comparators/Millimess---Mechanical-Dial-Comparator/Millimess---Mechanical-Dial-Comparator--%C2%B5m/Millimess---Mechanical-Dial-Comparator--special-measuring-force--%C2%B5m/>
- [24] Mitutoyo, Produkt: Digital ABS AOS Caliper. *Mitutoyo Česko* [online]. Teplice: Mitutoyo Česko s.r.o. [cit. 2018-02-06]. Dostupné z: [https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs\\_CZ/mitutoyo/01.03.05a/Digital%20ABS%20AOS%20Caliper/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/500-184-30/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs_CZ/mitutoyo/01.03.05a/Digital%20ABS%20AOS%20Caliper/$catalogue/mitutoyoData/PR/500-184-30/index.xhtml)



- [25] Mitutoyo, Produkt: Surftest SJ-210. *Mitutoyo Česko* [online]. Teplice: Mitutoyo Česko s.r.o. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: [https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs\\_CZ/mitutoyo/1292249246959/Surftest%20SJ-210/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/178-560-01D/index.xhtml?jsessionid=AB2E1618CD2F71AD0DB8356771B0BA3A](https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs_CZ/mitutoyo/1292249246959/Surftest%20SJ-210/$catalogue/mitutoyoData/PR/178-560-01D/index.xhtml?jsessionid=AB2E1618CD2F71AD0DB8356771B0BA3A)
  
- [26] ČSN EN ISO 3274. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Jmenovité charakteristiky dotykových (hrotových) přístrojů*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
  
- [27] *Kvalita a Jakost, PalstatCAQ* [online]. Vrchlabí: PALSTAT s. r. o., 1992 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.palstat.cz/>



## SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Charakteristiky měřicího přístroje Zeiss Accura [18]. . . . .	29
Tab. 2	Charakteristiky měřicího přístroje Zeiss DuraMax HTG [20]. . . . .	30
Tab. 3	Charakteristiky mikrometru Micromar 40 EWR [22]. . . . .	31
Tab. 4	Charakteristiky indikátoru dvoudotekového dutinoměru [23]. . . . .	31
Tab. 5	Charakteristiky posuvného měřidla Mitutoyo [24]. . . . .	32
Tab. 6	Charakteristiky drsnoměru SJ-210 [25]. . . . .	33



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Předpis pro požadavek obalové plochy [3] . . . . .	17
Obr. 2	Předpis pro úpravu hran neurčitých tvarů včetně ilustrace požadavku [6] . . .	18
Obr. 3	Příklad zápisu tolerance pro lineární rozměry [3] . . . . .	18
Obr. 4	Přehled základních úchylek pro díry a hřídele [3] . . . . .	19
Obr. 5	Třídy přesnosti pro všeobecné tolerance délkových a úhlových rozměrů [3] .	20
Obr. 6	Ukázka nejednoznačnosti předpisu kótování nelineárního rozměru . . . . .	20
Obr. 7	Příklad zápisu základny, resp. soustavy základen [3] . . . . .	21
Obr. 8	Rozdíl ve způsobu měření geometrických úchylek při záměně pořadí základen [3] . . . . .	21
Obr. 9	Příklad zápisu teoreticky přesných rozměrů [3] . . . . .	22
Obr. 10	Požadavek maxima materiálu na rozměru posuzovaného prvku [3] . . . . .	22
Obr. 11	Předpis pro kontrolu rovinnosti [9] . . . . .	23
Obr. 12	Definice tolerančního pole rovinnosti [2] . . . . .	23
Obr. 13	Předpis pro kontrolu válcovitosti [3] . . . . .	23
Obr. 14	Definice tolerančního pole válcovitosti [2] . . . . .	24
Obr. 15	Předpis pro kontrolu kolmosti [2] . . . . .	24
Obr. 16	Definice tolerančního pole kolmosti [2] . . . . .	25
Obr. 17	Předpis pro kontrolu kruhového házení [2] . . . . .	25
Obr. 18	Definice tolerančního pole kruhového házení [3] . . . . .	26
Obr. 19	Zobrazení drsnosti a vlnitosti vůči jmenovitému tvaru [15] . . . . .	27
Obr. 20	Značka drsnosti s požadavkem na odebírání materiálu [14] . . . . .	27
Obr. 21	Definice parametru největší výšky profilu ( $R_z$ ) [16] . . . . .	28
Obr. 22	Zeiss Accura na oddělení kontroly kvality [19] . . . . .	29
Obr. 23	Zeiss DuraMax HTG ve výrobní hale . . . . .	30
Obr. 24	Micromar 40 EWR . . . . .	31
Obr. 25	Dvoudotekový dutinoměr . . . . .	32
Obr. 26	Mitutoyo ABSOLUTE DIGIMATIC . . . . .	32
Obr. 27	Mitutoyo Surftest SJ-210 s externí měřicí jednotkou . . . . .	33
Obr. 28	Součást válcová příruba . . . . .	35
Obr. 29	Součást válcová příruba s vyznačenými plochami obráběnými v jednotlivých operacích . . . . .	36
Obr. 30	Popisové pole výkresu válcové příruby . . . . .	37
Obr. 31	Problémové místo vnitřního průměru na straně příruby . . . . .	38
Obr. 32	Doporučení pro změnu kótování pohledu X1-B2 . . . . .	38

Obr. 33	Problémové místo v oblasti plastového kroužku . . . . .	39
Obr. 34	Doporučení pro změnu kótování pohledu X1.1-B2 . . . . .	39
Obr. 35	Předpis pro kontrolu polohy dvou děr $\varnothing D \pm 0,15$ . . . . .	40
Obr. 36	Předpis pro umístění základny A . . . . .	40
Obr. 37	Hlavička kontrolního plánu . . . . .	41

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\lambda_c$	označení filtru oddělujícího profil drsnosti od profilu vlnitosti
$R_z$	největší výška profilu drsnosti
APQP	Advanced Product Quality Planning; pokročilé plánování kvality
CAQ	Computer Aided Quality; počítačová podpora řízení kvality
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis; analýza možných vad, jejich příčin a následků
IT	International Tolerance; stupeň přesnosti





## SEZNAM PŘÍLOH

- |           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| Příloha A | Výkres součásti válcová příruba   |
| Příloha B | Plán kontroly ve výrobním procesu |
| Příloha C | Plán kontroly pro uvolnění výroby |